

V2X を用いた二輪車事故削減手法の提案

梅本 笙^{†1} 清原 良三^{†2}

概要：二輪車の交通事故による死亡率は四輪車よりも3倍高いと言われている。その原因として、四輪車の運転者は車両の中にいるため事故が起きたとしても、車体によって身体を守られる場合があるが、二輪車の運転者は事故が起きたときに、身体を守ることがほとんどできないことが挙げられる。また、二輪車の車体は四輪車よりも小さいため、交差点付近で見落とされやすく、出会い頭事故に直結することがある。これは事故が起こる原因の1つである。見通しの悪い交差点では出会い頭事故の対策としてカーブミラーを設置し、死角をある程度補えるようにはなっているが、それでも見落としが起きるなどして事故が起こるケースは存在するため、万能ではない。四輪車と比べると死亡事故の件数は少ないが死亡事故の割合の多い二輪車の交通事故を削減し死者を少しでも減らすことは現在の自動車社会の解決すべき課題の1つである。本論文では、二輪車の事故の中でも最も多い出会い頭事故の削減を目的とし、V2Xを用いた手法の提案と交通流シミュレーションによる評価を行なった結果を述べる。

キーワード：二輪車、車車間通信、路車間通信、V2X、交通事故、交通流シミュレータ

1. はじめに

平成26年度の交通事故総合分析センターの統計[1]によると、二輪車の交通事故による死亡率は四輪車の交通事故の3倍高いというデータがある。その原因として、四輪車の運転者は車両の中にいるため事故が起きたとしても、車体によって身体を守ることができる場合があるが、二輪車の運転者は事故が起きたときに、身体を守るものがほとんどないことが挙げられる。また、二輪車の車体は四輪車よりも小さいため、交差点付近で見落とされやすく、出会い頭事故に直結することがあり、それも事故が起こる原因の1つである。また、出会い頭事故は二輪車の交通事故の中でも最も多い事故なので減らすことが望ましい。

見通しの悪い交差点では出会い頭事故の対策としてカーブミラーを設置し、死角をある程度補えるようにはなっている。また、ほとんどの二輪車は、ヘッドライトを常時点灯することにより、見落とされないようにしている。それでも見落としが起きるなどして事故が起こるケースは存在するため、万能ではない。また、カーブミラーを設置していない交差点や丁字路もある。そのため、交差点で他車線の車両を認識するための手段は多い方が良く考える。

一方、現在国土交通省によって先進安全自動車(Advanced Safety Vehicle, ASV)の導入が推進され、衝突被害軽減ブレーキや車線逸脱防止システムといった予防安全技術が日々発展することにより、交通事故を減らす手段が増えつつある。しかし、これらは四輪車を想定して作られたものである。それゆえ、二輪車に流用できる予防安全技術は限られており、二輪車の予防安全技術は四輪車と比べて大きく劣っていると言っても過言ではない。二輪車に対しても効果のある予防安全技術の普及は現在の自動車社会の解決しなければならない課題の1つである。

また、二輪車事故は自損による事故も多い。これらに対しては二輪車の運動モデルなどを解析し、事故を減らすような研究も進んでいる[2][3]。

また、自動運転に関する研究も近年、盛んに行われている。自動運転でも事故を起こさず運転することは重要で、自らのカメラやセンサを用いた「自律型システム」と、車車間通信(Inter Vehicle Communication, IVC)や路車間通信(Road to Vehicle Communication, RVC)などを用いて走行する「協調型システム」がある。協調型システムを利用すればそれぞれの車両の情報を共有することができ、事故予防や交通渋滞の軽減などの効果が期待できる。

現在では、二輪車にこのようなV2Xの機能を搭載した車両はほとんどない。普及が進まなければ通信相手もいないこと、車両価格が四輪車に比べ安い二輪車にとっては車両価格に対して高価であること、転倒などによる故障の可能性も高いことなどが二輪車には搭載されない理由であると考えられる。

しかしながら、今後自動運転車両が市場に投入されると、V2X機能を搭載した四輪車および路側のインフラ設備も整備されることが予想されるため、通信相手が少ないという問題は徐々に解決すると考える。また、普及することによりコストも削減され、車体価格に対してわずかに負担するだけで安全性が向上するのであれば、搭載するライダーも増加すると期待できる。さらに、二輪車への搭載が増加すれば安全運転を指向するライダーに対しては故障対策も進むのではないかと想定できる。将来的にはドライバが所持するスマートフォンの活用も考えられる。

本論文では、無信号の交差点における二輪車の出会い頭事故の削減に関してV2Xを活用した手法の提案と、交通流シミュレータを用いて評価する。

2. 関連研究

二輪車の事故の削減の研究は多数あり、その中でも二輪車

^{†1} 神奈川工科大学
Kanagawa Institute of Technology.

の被視認性の向上が重要である[4]。IT技術により、通信を使って自分の存在をアピールすることはこの被視認性に匹敵すると考え、ITS的なアプローチは重要である。

2.1 情報科学的二輪車 ITS の基盤研究

効率的で安全な自動車社会を実現するための基盤技術として以下の3つが挙げられる。

- (1) スマートフォンのセンサから信頼できるセンシングデータを取り出す技術
 - (2) そのデータから車両が置かれている状況や運転者の意図などの意味情報を抽出する技術
 - (3) 誰もがそのセンシングデータまたは抽出された意味情報を利用して新しいITSサービスを創出できるようにするための、サービス開発用ライブラリやAPIの提供
- 木谷らの研究[2][3]では、スマートフォンに内蔵されたセンサを用いた二輪車向け高度交通システムのためのセンシング基盤の提案が行われている。

本論文の立ち位置は、(3)を利用したサービスが開始し、ITSの普及率がある程度高くなった環境を想定した上で、V2X技術を活用する。

表1は交通事故総合分析センターの平成26年度の統計で四輪車と二輪車の事故と死亡事故の件数と、死亡事故から事故件数を割った死亡事故の割合が示されている。全体の数は四輪車の方が多いが、死亡事故の割合は二輪車の方が四輪車よりも3倍ほど高いため二輪車の事故の危険性がわかる。

2.2 自動運転普及期における丁字路での車両制御方式

近年、活発な研究開発が行われている自動運転技術に関して、新車のすべてが自動運転車両となったとしても、すべての車両が自動運転になるまでには10年以上の長い年月が必要となり、人間が運転操作を行なう手動運転車両とシステムが運転操作を行なう自動運転車両の混在環境が生じる。

西村らは混在時の直線道路での走行時の挙動分析[5]を行っている。宮崎らの研究[6]では、この混在環境での渋滞を軽減するための交差点への進入支援手法の提案と評価が行われ、丁字路における非優先道路の渋滞長が軽減される

ことが明らかになった。また、古川らの研究[6]ではさらにこの研究を進めた調停方式も提案している。

しかし、これらの実験では二輪車のことは考慮されていない。そこで、本論文では出会い頭事故を防ぎ、しかも従来方式での交通流と遜色ない交通流を確保できるV2Xによる二輪事故削減方式を提案する。

3. 提案手法

図1は無信号の丁字路の出会い頭事故のモデルを示している。

- ① Road1からRoad2に直進する二輪車は道路の左端を走行しているため、Road3の車両からは認識し難い。
- ② Road3からRoad1に右折しようとしている車両はRoad1にいる二輪車を認識できないまま交差点に進入してしまうと、それぞれの車両が同時に交差点に進入し事故が起きる危険がある。

また、見通しの悪い交差点ではRoad3にいる四輪車が見通しをよくするために車両の先端を交差点に進入させた際に、Road1にいる二輪車が交差点に進入した場合も事故が起きるかもしれない。

そこでV2Xを用いた無信号の丁字路における二輪車の出会い頭事故の削減を行う。IVCやRVCを用いて他車線の情報を共有することで、交差点に進入する前にあらかじめ車両が存在しているか知ることができれば、他車線の車両を認識できず、お互いの車両が同時に交差点に進入するのを防ぐことにより事故予防ができる。

単純に実現すると、V2Xによる通信で得られた情報を元に確実に停止することができれば、当然事故がなくなり、当たり前の結果を得られるであろう。IVC・RVCで他車線の情報を得ることによって、本来起こるはずだった事故を防ぐことができる。

しかし、事故を全く起こさないように運転すると、運転者は無駄にブレーキを踏む回数が増えてしまい、交通の流れが悪くなると予想できる。そこで、V2Xの通信する際に、

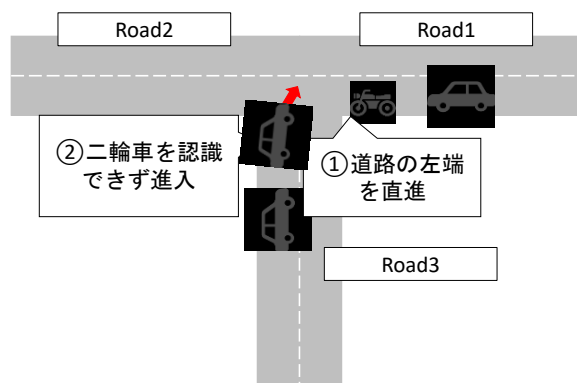


図1 出会いがしら事故の例

表1 平成26年度の交通統計

	四輪車	二輪車
事故[件]	518,813 件	25,466 件
死亡事故[件]	3,187 件	452 件
死亡事故の割合[%]	0.6%	1.8%

周辺車両も考慮し右左折を許可するかどうか判断する必要がある。これらは自車両、相手車両の速度および視野の広さなどで影響を受ける。そのため、様々な環境を想定したシミュレーションを行い、適切なタイミングなどを見つける必要がある。そのため、交通流シミュレータを用いた実験を行った。

4. 実験

交通流シミュレータであらかじめ用意されている四輪車のモデルと自作した二輪車のモデル、さらに出会い頭事故のモデルを用いて、現状の出会い頭事故の再現を行なった。次に V2X 通信機能を搭載した四輪車、二輪車と交差点に路側機を設置し、提案手法でのシミュレーションを行ない、それぞれの出会い頭事故の発生数とすべての車両が目的地に着くまでの時間を終了時間とし、それらを比較評価する。

4.1 道路モデル

本論文では、図 2 に示す無信号丁字路を道路モデルとして想定する。Road1, Road2, Road3 のいずれも長さ 1000[m] で路幅 15[m]、片側 1 車線で Road1, Road2 に対して Road3 が交差する形で構成されている。各道路は左側通行であり、車両は A 点, B 点, C 点から流入する。

4.2 車両モデル

(1) 車両の大きさ

事故の判定のために定義した各車両の大きさを表 2 に示す。また、シミュレータ上でお互いの描画範囲が重なったときに事故が起きたとみなす。今回の実験では自転車や歩行者は考慮しないものとする。

(2) 車両の挙動

今回の実験では二輪車の出会い頭事故に焦点を当てたため、二輪車は A 点からスタートし、Road1 から Road2 に直進する。四輪車は A 点, B 点, C 点からランダムにスタートし、行先もランダムで決められる。

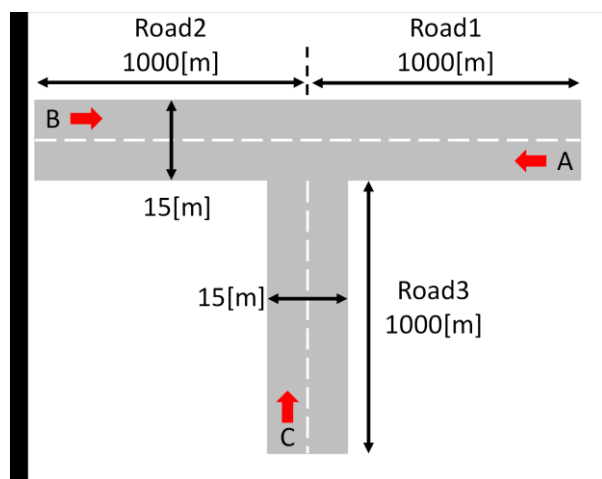


図 2 道路モデル

表 2 車両の大きさ

車両の種類	全長[mm]	全幅[mm]	全高[mm]
四輪車	5,000	3,000	1,500
二輪車	2,100	800	1,500

また、二輪車は車体が小さいため、すり抜けを行える。今回の実験では前方の車両が 30[km/h] のとき左側からすり抜けを開始できるという条件にした。すり抜けをした二輪車が渋滞の先頭までたどり着いたら、通常の運転に戻る。二輪車は四輪車を追い抜けるが、四輪車は二輪車を追い抜けないようにした。

(3) 交差点における各車両の挙動

図 3 は提案手法での交差点における各車両の挙動を示している。

① 交差点には路側機が設置してあり、二輪車が路側機から 50m 以内に近づくと通信が開始され、二輪車は位置情報を路側機に送信し、路側機は 50m 以内にいる Road3 の車両に二輪車が交差点に接近しているという情報を送信する。

② この情報を受信した Road3 にいる車両は二輪車が交差点を通過してから交差点に進入する。

今回の実験では通信の成功率を 100[%] と仮定する。また、従来手法では通信は行わないものとする。さらに、出会い頭事故の再現をするため、四輪車が Road3 から Road1 に右折する際、視界を確保するため車両の先端を交差点に進入させる。このタイミングで Road1 から Road2 のルートで二輪車が交差点に進入すると、お互いの車両は描画範囲が重なり、事故が起こったことになる。これにより出会い頭事故を再現する。今回の実験では事故を起こりやすくするた

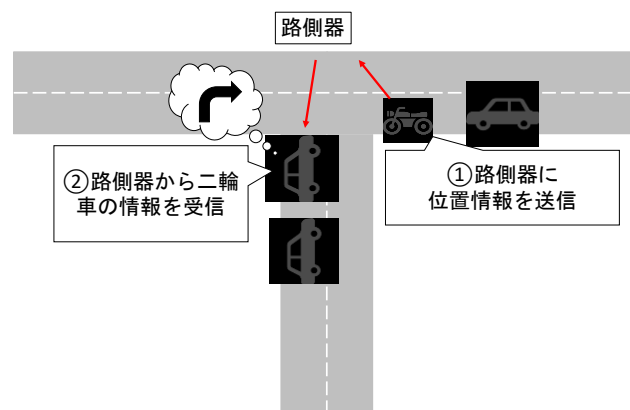


図 3 提案手法の交差点における各車両の挙動

表 3 シミュレーション条件

シミュレーション時間	3600[s]
車両の位置更新間隔	0.1[s]
四輪車のルート	ランダム
二輪車のルート	Road1 から Road2
四輪車の台数	470 台
二輪車の台数	30 台
車両発生間隔	指数分布

め、Road3 の車両は他車線の二輪車を認識できないものとする。

4.3 実験方法

実験では、交通流シミュレータとしてスペースタイムエンジニアリング社のシミュレータ Scenergie の Multi-Agent Module を用いた。シミュレーションでは、通信を行わない従来手法とすべての車両が通信を行なうことができ、交差点に路側機を設置した提案手法がある。シミュレーションの条件を表 3 に示す。二輪車の台数は交通事故総合分析センターの平成 26 年度の交通統計では二輪車の保有台数が全体の約 6%の数値としている。

4.4 実験結果

それぞれの手法の出会い頭事故の数とすべての車両が目的地に着くまでの時間を終了時間とし、その結果を表 4 に示す。従来手法では出会い頭事故が 4 件起きたが、提案手法での出会い頭事故は 0 件となり、予想通りの結果となった。

次に、従来手法の終了時間は 1558[s]だったのに対し、提案手法では 1533[s]という結果になり、終了時間は提案手法が 25[s]早かった。事故を防ぐことにより、提案手法の終了時間が遅くなることが予想されたが、結果は提案手法の方が早かった。次にそれぞれの手法の交差点における各車両の挙動について述べる。

(1) 従来手法の交差点での各車両の挙動

図 4、図 5 は従来手法の交差点における各車両の挙動を示している。

- ① Road1 にいる二輪車は渋滞している四輪車をすり

表 4 実験の結果

	従来手法	提案手法
出会い頭事故の数	4 件	0 件
シミュレーション 終了時間	1558[s]	1533[s]

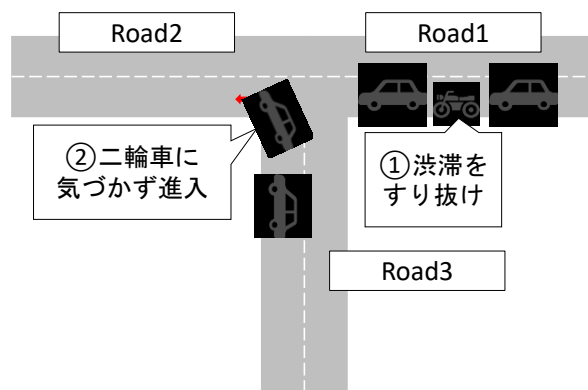


図 4 従来手法の交差点における各車両の挙動(1)

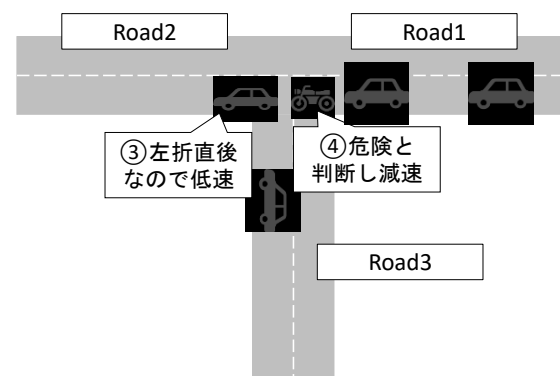


図 5 従来手法の交差点における各車両の挙動(2)

抜け、Road1 から Road2 に直進しようとしている。

- ② Road3 にいる四輪車は Road3 から Road2 に左折しようとしているが、Road1 ですり抜けをしている二輪車の存在は認識していない。
- ③ Road3 にいる四輪車は二輪車を認識しないまま左折を終える。
- ④ その後、Road1 から交差点に進入した二輪車は Road3 から左折してきた四輪車に追突しないためにブレーキをかける。

二輪車がブレーキをかけることにより、後方にある車両もすべて連鎖的にブレーキをかけることになり、従来手法の終了時間が遅くなったと考えられる。

(2) 提案手法の交差点での各車両の挙動

図 6 は提案手法の交差点における各車両の挙動を示している。

- ① 交差点から 50[m]以内にいる二輪車は路側機に位置情報を送信する。二輪車の位置情報を受信した路側機は Road3 にいる車両に対して、二輪車が交差点に近づいているという情報を送信する。
- ② 路側機からの情報を受信した Road3 の車両は

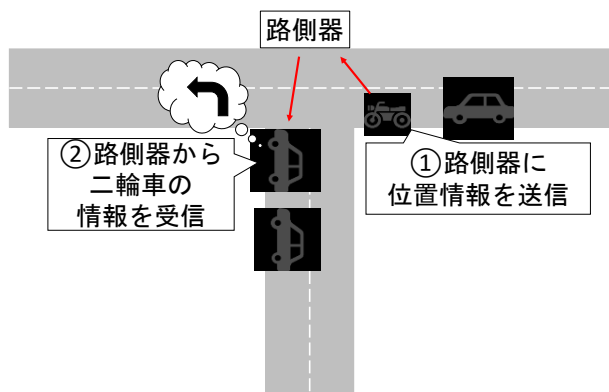


図6 提案手法の交差点における各車両の挙動

Road1 からくる二輪車が交差点を通過するまで待ち、その後 Road3 の車両は交差点に進入する。

このような挙動になったことで、Road1 ですり抜けをしている二輪車の存在を把握することができ、二輪車が通過するのを待ったあとに交差点に進入することができたため、従来手法よりもブレーキの回数が減り、提案手法では終了時間が早くなったと考えられる。

(3) 実験のまとめ

Road3 にいる車両が Road1 に右折する際、Road1 から交差点に進入してくる二輪車の存在を認識することにより、右折時に出会い頭事故の削減ができることが示された。さらに、左折時に二輪車のブレーキをかける回数を減らし、後方車両の流れがスムーズになることでより円滑にすべての車両が走行することが明らかになった。

5. 今後の課題

5.1 自転車・歩行者も含めたシミュレーション

本論文では、無信号の交差点における二輪車の出会い頭事故の削減に関して V2X を活用した手法の提案と交通流シミュレータを用いた評価を行なった。自動二輪車を考慮して実験を行ったが、実際の道路には自転車や歩行者もいるため、それらを含めてシミュレーションも行う必要がある。歩行者は当然ながら車載器を搭載できないため、スマートフォンを使い通信を行なう必要が出てくる。LTE 経由での車車間、路車間、歩車間通信で実現できるが、相手の特定など解決すべき課題も多くある。

また、今回使用した道路モデルは無信号の丁字路に限ったが実際に二輪車の事故が発生しやすい場所は、無信号丁字路だけではない。さらに、今回の実験で使用した運転モデルは四輪車と二輪車でそれぞれ1つずつだったので、それぞれの運転モデルを増やし、二輪車を認識するドライバーとうっかり見落としてしまうドライバーなどの運転モデルを追加することによって、多様なシミュレーションを行い、全体として交通流に影響なく二輪事故の削減ができていることを確認する必要がある。

世界各國の二輪車1台あたり人口

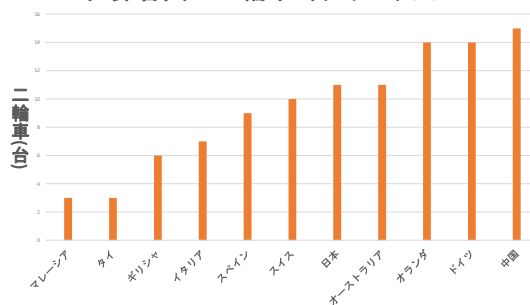


図7 世界各國の二輪車1台あたりの人口

5.2 バイク大国でのシミュレーション

図7は日本自動車工業会による世界各國の二輪車1台あたりの人口[8]を示している。日本は11人につき1台だが、マレーシア、タイでは3人につき1台所持しており、日本よりも3倍ほど二輪車の保有率は高い。そのため、日本と同じような手法での交通事故削減は適していないと考えられるため、二輪車の比率を高くしてシミュレーションを行なう必要とそれに対応できる新しい提案手法が必要ではないかと考える。

5.3 車車間通信のみでの手法

今回の実験では、IVC・RVCを用いたため、無信号の交差点に路側機が設置されている想定だったが、実際の道路では無信号の交差点には路側機が設置されていない可能性が高い。そのため、車車間通信のみで他車線の情報を共有できるようになればより実用性が高くなる。そのためには、Road3の車両に情報が共有されるようにそれぞれの車両が取得した情報を中継すれば可能になるが、うまく中継する車両が見つからないなど懸念点も多い。

6. まとめ

本論文では、無信号の交差点における二輪車の出会い頭事故の削減に関して V2X を活用した手法の提案と交通流シミュレータを用いた評価を行なった。

従来手法では出会い頭事故が発生したのに対して、提案手法では出会い頭事故を0件に削減し、交通流も改善されることが判明した。

その理由として、従来手法では左折車が合流車線の二輪車を認識できずに左折し、それを危険に感じた二輪車はブレーキをかけなければならない。これにより後続の車両もすべて連鎖的にブレーキをかけることになる。これらが交通流を悪化させる原因であったと考えられ、提案手法では認識しにくい二輪車を確実に認識し、交差点に進入するタイミングを調節することで、二輪車がブレーキをかけずに交差点を通行できるようになった。

また、今回は限定された状況で実験を行ったため、歩行者や自転車を含めるなど、より現実的なシミュレーション

を行うことが課題となる。

参考文献

- [1] 交通事故総合分析センター “交通統計 平成 26 年”
<http://www.itarda.or.jp/materials/publications.php?page=4>, (参照 2017-10-05).
- [2] 木谷友哉, “Bikeinformatics: 情報科学的二輪車 ITS の基盤研究,” “情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICO2013) シンポジウム
- [3] 神村吏, 木谷友哉, “SVM を用いた二輪車の運転挙動分類の基礎検討,” 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICO2014) シンポジウム
- [4] 丸山 一幸, 堤 陽次郎, 菅原 卓, “二輪車被視認性向上技術「FACE」デザインの研究,” 計測と制御, Vol. 46, No. 10. pp. 803-807
- [5] 西村友佑, 藤田 敦, 廣森聡仁, 山口弘純, 東野輝夫, 諏訪晃, 浦山 博史, 竹嶋進, 高井峰生, “自動運転車両と従来車両の混在が相互の走行にもたらす影響の検討,” 情報処理学会研究報告高度交通システムとスマートコミュニティ 2017-ITS-68.
- [6] 宮崎 千展, 松山 聖路, 徳永 雄一, 齋藤 正史, 清原 良三, “自動運転普及期の T 字路におけるドライバ支援方式,” 情報処理学会 MBL, ITS 研究会 2016 年 12 月
- [7] H. Furukawa, M. Saito, Y. Tokunaga, R. Kiyohara, “A Method for Vehicle Control at T-Junctions for the Diffusion Period of Autonomous Vehicles,” International Conference on Network-Based Information Systems 2017, pp.295-305
- [8] 日本自動車工業会 “世界各国の二輪車普及率”
[.http://www.jama.or.jp/world/world/world_2t3.html](http://www.jama.or.jp/world/world/world_2t3.html), (参照 2017-10-05)